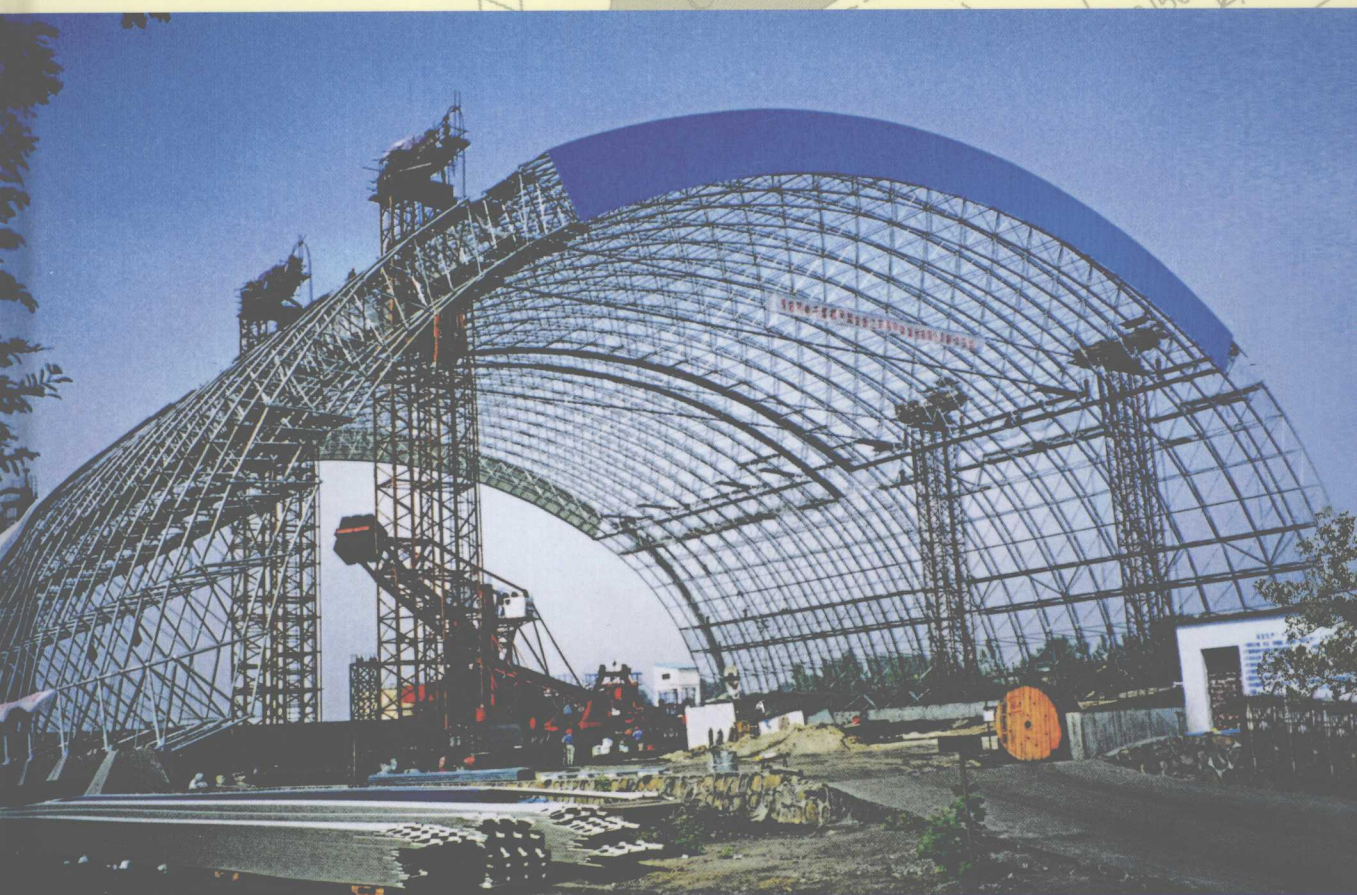


Design and Construction
of Large-span Coal Storage Structures

大跨度储煤结构 ——设计与施工

■ 罗尧治 著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

大跨度储煤结构 ——设计与施工

■ 罗尧治 著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书是电力、水泥、煤炭系统中储煤库、干燥棚、水泥熟料储备仓库、大型堆料库房等大跨度建筑结构设计与施工的技术参考用书。全书结合了作者多年的工程实践经验,系统阐述了大跨度储煤结构的理论知识、分析方法、设计思想和施工技术,并列举了大量工程应用实例。本书内容涉及大跨度储煤结构的设计基本原则,结构的体系、形式及选型,结构的抗风与抗震分析,结构建造施工过程的模拟分析,滑移法、悬臂法、折叠展开式等新型大跨度施工方法,构件和节点的设计与构造,计算机设计软件应用,以及有关的风洞试验资料。

本书可供建筑工程设计、科研、施工、管理等单位工程师、科技人员以及高等院校土建专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大跨度储煤结构:设计与施工/罗尧治著. —北京:中国电力出版社, 2007
ISBN 978-7-5083-5334-0

I. 大… II. 罗… III. ①煤矿-矿业建筑-建筑结构-结构设计
②煤矿-矿业建筑-建筑工程-工程施工 IV. TU272.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 036429 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:周娟华 责任印制:陈焊彬 责任校对:崔燕

北京盛通彩色印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2007 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.5 印张·484 千字·1 插页

定价:58.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010-88386685)

序

随着社会对能源、基础建设需求的日益增加,电力、煤炭、水泥等行业中大型储煤、储料设施得到了很大的发展和应用。这些设施包括储煤罐、干燥棚、水泥储罐等,它们起到了防雨和环保的作用。从结构体系、功能要求来说,它们具有相似性,因此本书将其统称为大跨度储煤结构。

20世纪90年代以来,由于空间网格结构具有良好的受力性能、工厂化机械加工和现场拼装性能,在经济性、施工周期、安全性能方面充分体现了其优越性,所以大跨度空间网格结构已经逐渐成为大型储煤结构的主要形式。1996年10月国家电力行业规划协会在湖南石门召开了干燥棚的网架技术推广会,这标志着电力系统积极推广网架结构的开始。储煤结构已成为目前大跨度空间结构非常有特色的应用领域。

储煤结构工艺要求高、结构跨度大,设计和施工有较大的难度,因而时有此类工程事故发生。2000年4月湖南耒阳电厂大型干燥棚倒塌事故,2005年12月内蒙古新丰电厂汽机房网架倒塌事故,都引起了社会的广泛关注。为了提高技术人员和管理人员的专业技术水平,迫切需要出版大跨度储煤结构的专门著作。

经过十几年的摸索和发展,作者在储煤结构的设计技术、施工技术方面积累了不少经验。储煤结构安全、经济、合理、美观、环保已成为设计的主导理念。储煤结构从一个侧面反映了大跨度结构技术的进步,它的技术进步和创新主要体现在:①形体的多样化,有圆柱形、三心柱面、球面,有敞开、半封闭和封闭形体;②结构体系的多样性,有平板网架、柱面网壳、球面网壳和预应力结构形式等;③施工方法和工艺的丰富性,从满堂脚手架发展为滑移法、悬臂法、折叠展开方法等;④设计更加科学合理,包括网格布置、风荷载的取值、节点构造、防腐工艺、屋面构造等方面。

本书内容反映了作者多年的工程理论研究、设计实践、风洞试验,以及施工、监测和评估等经验。在作者完成的典型工程中,108m跨度的南阳鸭河口电厂储煤库获得了詹天佑土木工程大奖、全国优秀建筑结构一等奖和空间结构优秀工程一等奖;120m跨度的北京华能电厂储煤库是目前跨度最大的柱面网壳结构;81m跨度的新乡豫新电厂干燥棚首次应用了预应力张弦网壳结构新形式。在施工方面,尝试了支架滑移施工、结构单元累积滑移施工和“折叠展开”整体提升等新技术。这些相关背景和技术内容在本书中都得到了详细的介绍。关于风荷载取值和风振系数这些当前大跨度结构的热点问题,本书也作了重点阐述,同时收集了当前该类结构的有关研究和应用成果。本书的特点在于从理论、工程实践、分析方法、设计思想、施工等各个方面系统阐述了大跨度储煤结构的理论分析、工程设计和施工方法。本书适合于工程设计、科研、施工、管理等单位工程师、科技人员以及高等院校土建专业师生学习使用。

全书共分13章,第1章介绍了国内外储煤结构的发展和应用;第2章阐述了储煤库网壳结构的形体、形式及其分类;第3章、第4章分别介绍了储煤结构的设计基本原则、荷载与作用,特别提供了9个相关工程的风洞试验资料;第5~7章重点论述了结构理论

和设计分析知识,包括有限元分析理论、抗震设计、风振系数计算及其储煤结构的规律性受力特性;第8章为节点设计和构造;第9章介绍了结构分析设计计算机软件,包括设计内容、设计步骤及软件使用方法;第10、11章详细介绍了储煤结构的各种施工方法,结合实际工程阐述了施工全过程模拟分析思想和方法,以及施工监测方面的新知识;第12章为储煤结构屋面系统的设计和构造;第13章介绍了储煤结构的防护,并结合工程事故实例,提出使用阶段应该注意的事项。

浙江大学空间结构中心喻莹、沈雁彬、邱鹏、王彬、孙旭光、张皓等参与了本书的资料收集和撰写工作,谨在此表示衷心的感谢。书中参考和引用了有关文献、工程图样及技术资料,向相关设计单位和文献作者一并表示感谢。

限于作者水平,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

联系作者:杭州浙大路38号浙江大学空间结构研究中心,310027,电话:(0571)87952349,电子邮箱:Luoyz@zju.edu.cn。

罗尧治

2007年2月于杭州浙江大学

目 录

序

第1章 国内外储煤结构的发展	1
1.1 国外储煤结构概述	1
1.2 国内储煤结构的发展	6
第2章 储煤结构的形式	14
2.1 储煤结构体系的分类	14
2.1.1 储煤结构按受力分类	15
2.1.2 储煤结构按体型分类	15
2.2 储煤网架结构形式	36
2.2.1 空间网格结构及其特点	36
2.2.2 双层网架体系	36
2.2.3 三层网架体系	38
2.3 储煤网壳结构形式	40
2.3.1 柱面网壳	40
2.3.2 球面网壳	40
2.4 储煤空间结构其他形式	49
2.4.1 管桁结构	49
2.4.2 预应力网格结构	50
2.4.3 索穹顶结构	52
2.4.4 网壳结构的组合形式	54
第3章 储煤结构的设计基本原则	55
3.1 储煤结构的相关设备和工艺	55
3.1.1 斗轮机	55
3.1.2 龙门架	57
3.1.3 带式输送机	60
3.1.4 其他设备	60
3.2 储煤网格结构的布置合理性	65
3.3 储煤网格结构的支承布置	68
3.3.1 网架结构的支承	68
3.3.2 网壳结构的支承	68
3.4 储煤网格结构主要设计参数的选用原则	70
3.4.1 网架结构网格尺寸和跨厚比的确定	70
3.4.2 网壳结构网格尺寸和跨厚比的确定	71
3.5 荷载与作用的计算原则	73

3.6	结构的应力和挠度控制	73
3.6.1	结构的应力控制	73
3.6.2	结构的挠度控制	74
3.7	结构的杆件设计	74
3.7.1	杆件材料的选用	74
3.7.2	杆件的计算长度	74
3.7.3	杆件的容许长细比	75
3.7.4	杆件的截面选择原则	75
3.7.5	杆件的设计计算	77
第4章	荷载与风载体型系数	79
4.1	恒荷载	79
4.1.1	杆件自重和节点自重	79
4.1.2	屋面覆盖材料自重	80
4.1.3	马道自重	80
4.1.4	设备自重	80
4.2	活荷载	81
4.2.1	屋面活荷载	81
4.2.2	雪荷载	81
4.2.3	积灰荷载	82
4.3	风荷载	82
4.3.1	风荷载基本公式	82
4.3.2	规范中对各类参数的取值	85
4.4	储煤结构风洞试验及风荷载体型系数	87
4.4.1	风洞试验概况	87
4.4.2	储煤网格结构风洞试验实例	93
4.5	温度作用	110
第5章	结构计算理论与受力特性分析	113
5.1	储煤空间网格结构的一般计算理论概述	113
5.1.1	基本假定和计算模型	113
5.1.2	计算方法的分类	113
5.2	杆系有限元理论——空间桁架位移法	114
5.2.1	空间桁架位移法基本思路	114
5.2.2	网格结构的单元分析	114
5.2.3	总刚度方程	117
5.2.4	支座约束处理	118
5.2.5	温度效应	120
5.2.6	杆件内力计算	121
5.3	空间管桁结构一般计算理论	121
5.3.1	分析模型	121
5.3.2	杆件的计算长度	122

5.3.3 空间梁单元刚度矩阵	122
5.4 平板形网架储煤结构受力分析	123
5.4.1 双层网架的内力特点	124
5.4.2 三层网架的受力分析及选用	124
5.4.3 工程实例	127
5.5 柱面形网壳储煤结构受力分析	130
5.5.1 柱面网壳荷载传递方式	130
5.5.2 柱面网壳结构内力特点	130
5.5.3 柱面网壳结构变形特点	130
5.5.4 柱面网壳受力性能影响因素	131
5.5.5 三心圆柱面网壳体参数讨论	132
5.5.6 工程实例	136
5.6 球面网壳储煤结构受力分析	140
5.7 预应力网壳储煤结构的受力分析	143
5.7.1 张弦网壳结构分析方法	143
5.7.2 工程实例	144
5.7.3 张弦柱面网壳结构的稳定性	147
第6章 储煤结构的动力特性与抗震分析	149
6.1 结构动力特性分析	149
6.1.1 网格结构的自振频率、振型和周期	149
6.1.2 网格结构的自振特性	150
6.2 结构抗震设计基本理论	151
6.2.1 网格结构抗震计算的基本假定及振动方程	151
6.2.2 理论分析方法	152
6.2.3 网架规范中拟静力的抗震验算	155
6.2.4 网壳规范中的抗震要求	156
6.3 常用储煤结构的地震内力分布规律	157
6.3.1 储煤网架结构地震内力分布规律	158
6.3.2 储煤网壳结构地震内力分布规律	158
6.4 结构抗震分析实例	159
6.4.1 河南新乡电厂干煤棚结构	159
6.4.2 华能北京热电有限责任公司干煤棚结构	163
6.4.3 厦门嵩屿电厂二期工程圆形煤场球面屋盖	165
6.4.4 陕西黄陵二号煤棚	166
第7章 储煤结构的抗风设计与风致效应	168
7.1 结构的风振概述	168
7.2 储煤结构的风振分析方法	168
7.2.1 平均风和脉动风荷载	168
7.2.2 频域法求解脉动风致响应的统计值	169
7.2.3 等效脉动风荷载和风振系数	170

7.2.4	相关参数的选取	171
7.3	典型储煤结构的风振特性	172
7.3.1	参振频率的合理截取	172
7.3.2	CQC 和 SRSS 计算结果比较	174
7.3.3	各参数对风振响应的影响	174
7.3.4	风振系数实用公式	177
7.4	风致效应	179
第8章	储煤结构节点设计与构造	182
8.1	储煤结构的节点形式	182
8.1.1	拱节点	182
8.1.2	桁架节点	183
8.1.3	门式刚架节点	184
8.1.4	Geometrica 体系节点	185
8.2	储煤空间网格结构节点形式	186
8.2.1	网格结构常用节点形式	186
8.2.2	支座节点	187
8.3	储煤空间网格结构节点设计	191
8.3.1	螺栓球节点设计	191
8.3.2	焊接空心球节点设计	195
8.3.3	拉索节点设计	197
8.3.4	支座节点设计	197
8.3.5	相贯节点设计	202
第9章	储煤结构设计分析软件	207
9.1	空间网格结构软件发展概况与特点	207
9.2	大跨度储煤结构软件应用的操作步骤	208
9.2.1	建模	208
9.2.2	荷载的输入	209
9.2.3	约束的输入	211
9.2.4	分析设计	211
9.2.5	节点设计	212
9.2.6	模型和计算结果的显示设置	215
9.2.7	加工图绘制	216
第10章	储煤结构施工技术	220
10.1	储煤结构施工方法概述	220
10.2	组装机	220
10.2.1	高空散装法	221
10.2.2	分条分块吊装法	223
10.2.3	悬臂安装法	223
10.3	滑移法	227
10.3.1	支架滑移法	227

10.3.2 单元滑移法	229
10.3.3 滑移法施工相关技术问题	232
10.3.4 储煤结构滑移法施工实例介绍	238
10.4 整体成形法	244
10.4.1 攀达穹顶施工法	244
10.4.2 折叠展开式施工法	245
10.4.3 张拉弦钢拱架施工法	250
第11章 施工全过程分析与监测	253
11.1 储煤结构施工全过程分析	253
11.1.1 基于非线性有限元的多阶段施工分析理论	253
11.1.2 多阶段施工成形分析理论在线性范围内的两种计算方法	254
11.1.3 多阶段施工分析理论应用实例	256
11.2 储煤结构滑移施工监测	266
11.2.1 施工监测内容	267
11.2.2 施工监测设备	267
第12章 储煤结构屋面系统	273
12.1 檩条的设计	273
12.1.1 檩条的荷载计算	273
12.1.2 檩条计算	273
12.1.3 檩条的布置、连接与构造	275
12.1.4 储煤网格结构檩条设计实例	278
12.1.5 卷边C形檩条选用表	279
12.2 常用屋面板	280
12.2.1 压型钢板	280
12.2.2 太空板和GRC板	282
12.3 屋面系统其他构造	283
12.3.1 马道构造	283
12.3.2 天沟构造	285
12.3.3 采光设施	285
第13章 储煤结构的防护	287
13.1 结构的防锈	287
13.1.1 钢材锈蚀损伤机理及其力学性能	287
13.1.2 锈蚀对结构的影响	287
13.1.3 防锈措施	288
13.2 储煤结构的防火	293
13.3 储煤结构的防煤压	294
13.3.1 煤压损伤及其对结构的影响	294
13.3.2 防煤压措施	295
参考文献	298

第1章 国内外储煤结构的发展

第一次工业革命以来,人类工业得到了长足的发展。煤作为工业的主要动力来源之一,其地位是举足轻重的,储煤结构自然也受到人们的关注。从露天储煤到封闭式储煤,从平面结构到空间结构,储煤结构在不断地发展和进步。

1.1 国外储煤结构概述

最初的储煤方式是原始的露天储煤。20世纪初,在一些工业发达的国家,很多露天储煤场分布于铁路沿线,如美国宾西法尼亚州的奥托(LC&N Hauto)车站储煤场(图1-1),它建于1900年,储煤36万吨。从它的储煤量看,其规模是很大的。但是这种露天储煤极易受环境影响,风会吹走煤尘,污染周围环境;雨、雪会使煤堆受潮,影响煤的质量。据不完全统计,这种损失约占露天储煤总量的5%。所以露天储煤远不如封闭式储煤科学,现在大规模储煤已经很少采用这种方式。

在当时生产力水平条件下,封闭储煤结构广泛采用砖石结构、木结构及混凝土结构。美国宾西法尼亚州FJ&G煤库(图1-2)在大型储煤结构的建造上,具有纪念碑式的价值。它建于1900年,长102m,宽18m,储煤可达1万吨。它所使用的木材和石材都是当地较好的材料,建成后当地报纸报道,“这个煤库使用了水泥地面,这在现存煤库建筑中是独一无二的”。费尔班克斯煤仓(The Fairbanks Coal Bunkers)(图1-3)建于1932年,位于美国阿拉斯加州的费尔班克斯。煤仓为木结构建筑,高16m,长60m,有26条斜道将煤分运至卡车。它在费尔班克斯的燃煤历史中起到了重要作用,现已被整体搬移至别处保护起来。又如建于1936年6月的英国菲什本(Fishburn)煤矿洗涤厂煤仓(图1-4),也是当时工厂常用的储煤结构。

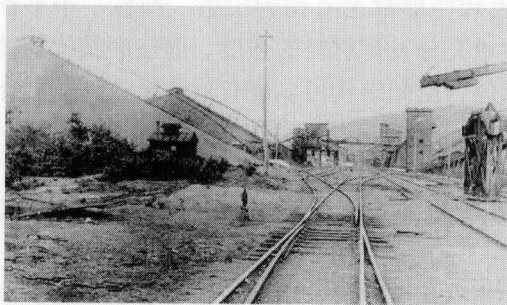


图 1-1 奥托车站储煤场

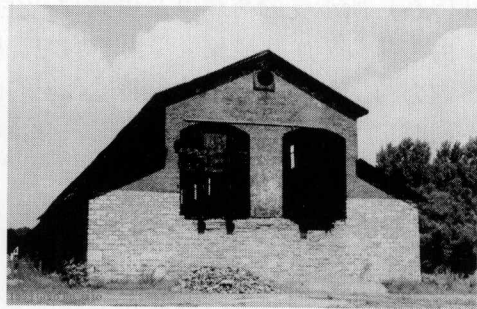


图 1-2 FJ&G 煤库

筒仓也是当时常用的储煤方式。位于纽约爱尔兰运河附近的乡村煤塔(Village Coal Tower)(图1-5)是由 Schoen 家族于1900年左右建造的,主要用于储煤,以服务运河内的船只和当地居民。大西洋煤业公司“蓝煤”(“blue coal”)储煤筒仓(图1-6)建

于第一次世界大战期间。通过竖直铲斗传送器将煤提升至结构顶部后，倒入这些圆柱形钢筋混凝土筒仓，在底部经水平传送器运出，由火车运往纽约、哈特福德等地，再由马车、卡车等分运至各处。筒仓结构现在仍很常用，并且在建筑材料和施工技术有了很大进步，存储量也更大。

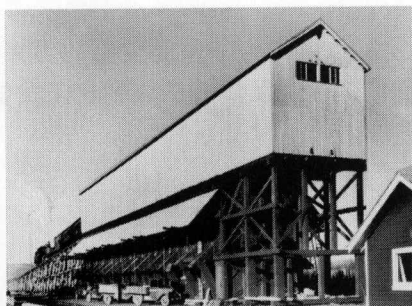


图 1-3 费尔班克斯煤仓

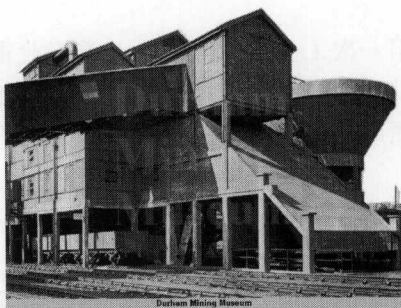


图 1-4 英国菲什本煤矿洗涤厂煤仓

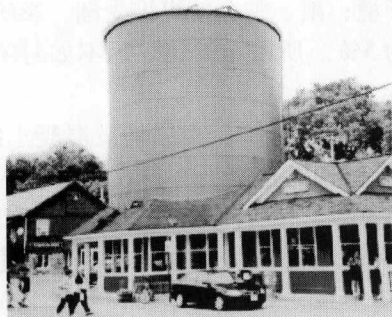


图 1-5 纽约乡村煤塔



图 1-6 “蓝煤”储煤筒仓

随着工业需求的不断增加和建筑技术水平的不断提高，储煤结构无论从结构形式还是建筑材料上都有了很大的变化，逐渐由平面结构向空间结构发展。平面结构（如传统的梁柱体系）所承受的荷载以及由此而产生的内力和变形都被考虑为二维，即在一个平面内，由于荷载传递路线长，受力不均匀，所以很难充分发挥材料的强度。而空间结构的荷载、内力与变形则是三维的，通过合理的曲面形体，空间结构可以更有效地抵抗外荷载作用。同时，大跨度空间结构可以提供符合材料堆积时自然形状的外形，因此很适合于煤、盐、矿石、水泥等固体材料的储藏。

国外目前常采用的空间结构一般包括穹顶结构、空间钢桁架结构以及膜结构等（图 1-7）。

穹顶结构是国外常用的储煤结构，这种结构跨越大空间的能力强，造型优美丰富，同时全封闭的储煤方式可以保护周围环境不受污染。

新布鲁斯韦克电力公司储煤结构穹顶（图 1-8）是当时北美最大的木结构穹顶，位于加拿大布鲁斯韦克，建于 1993 年，占地面积 15175m^2 ，直径 139m ，高 42m ，储煤量 12 万吨。整个穹顶结构由混凝土基础和壁柱支撑。美国埃德华州阿彻丹尼尔内陆中部公司发电厂储煤结构（图 1-9），采用了直径 80.3m ，高 40.1m 的绝缘混凝土穹顶（insulated

concrete dome), 是当时最大的穹顶。它具有很好的承载性能, 能以很小的厚度承受相当大的荷载。

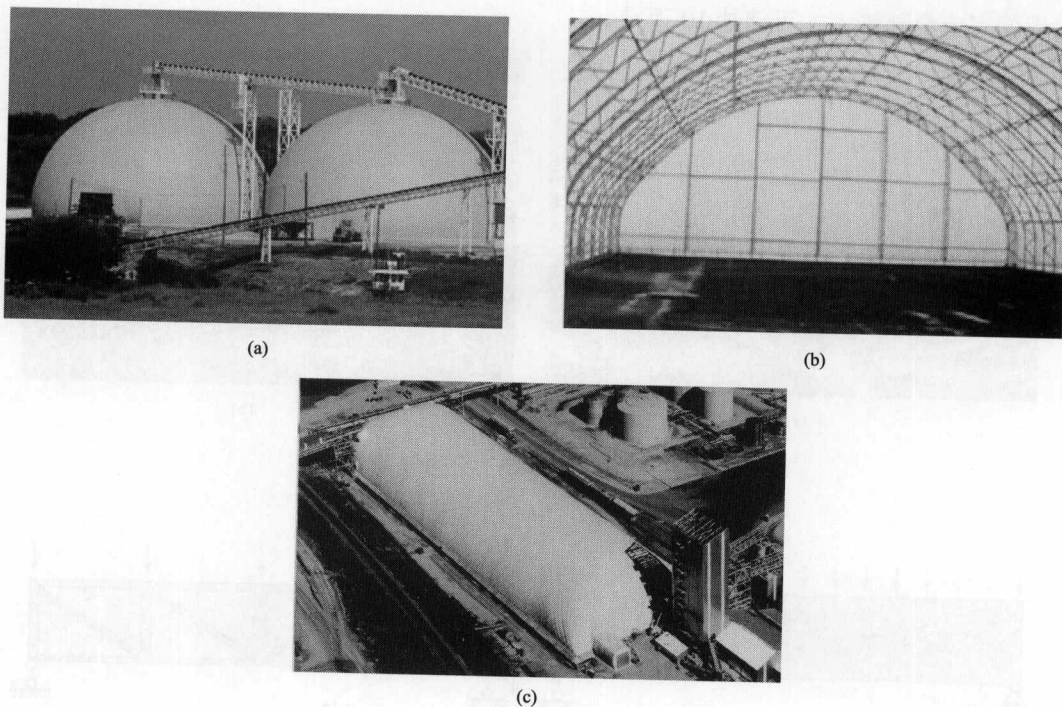


图 1-7 国外储煤结构

(a) 穹顶储煤结构; (b) 空间桁架储煤结构; (c) 充气膜储煤结构

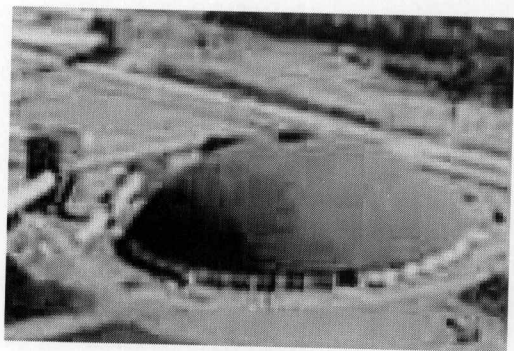


图 1-8 布鲁斯韦克公司储煤结构

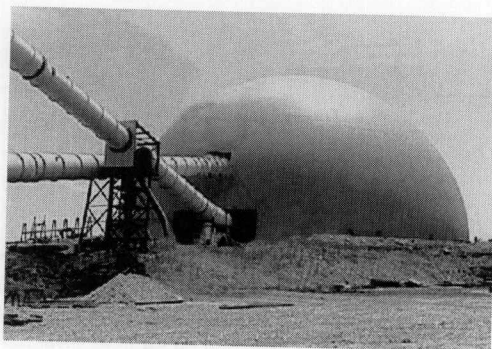
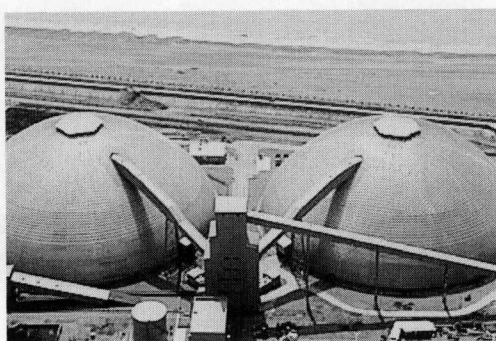


图 1-9 阿彻丹尼尔内陆中部公司储煤穹顶

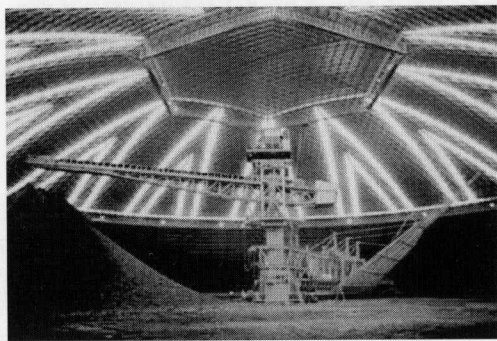
由于木结构的防火和防腐方面的问题较多, 而混凝土穹顶结构的施工成形需要大量的模板, 施工费用高且施工周期长, 因此现在常使用一些钢材或铝合金材料的穹顶, 如台湾和平电力公司位于台湾东海岸, 建有两个穹顶储煤结构 (图 1-10), 第一个建成于 2001 年 9 月, 是当时世界上最大的铝制穹顶, 直径 145m, 可储煤 13.9 万吨。

空间钢桁架结构是由平面梁结构演变而来的, 将梁离中性轴附近的未被充分利用的材料掏空, 就得到如图 1-11 所示的桁架, 各榀桁架互相联系就形成了空间桁架。储煤结构一般选用型钢或钢管形成钢结构骨架, 然后在骨架表面铺设屋面板或者直接附上膜材或其

他织物作为外维护结构。图 1-12 为美国首府区储盐建筑 (Capital District Salt Storage), 位于纽约奥尔巴尼, 宽 45.7m, 长 169m, 高 2m。该结构仅用两天就完成了主框架拼装, 12 周就完成全部施工, 可储盐 10 万吨。



(a)



(b)

图 1-10 台湾和平电力公司储煤结构

(a) 外景; (b) 内景

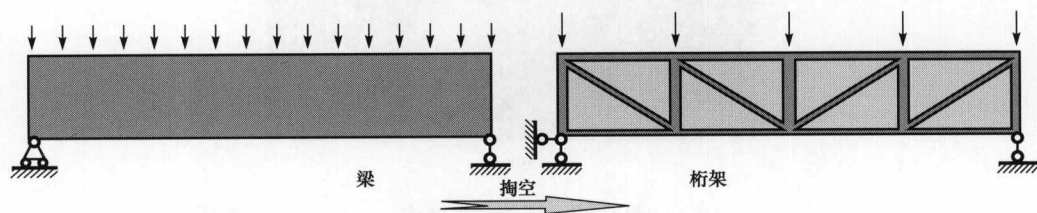
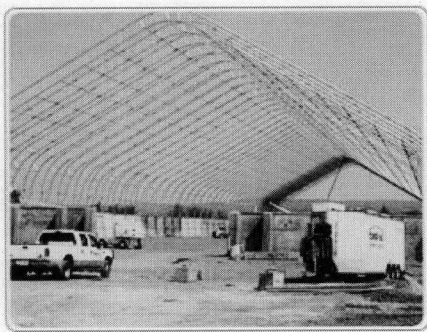
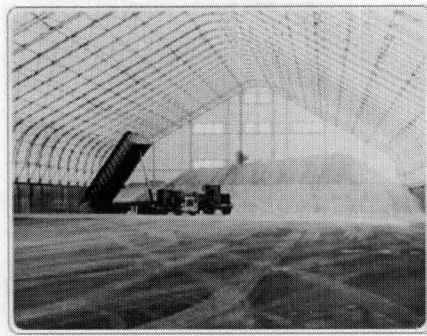


图 1-11 桁架示意图



(a)



(b)

图 1-12 美国首府区储盐结构

(a) 施工过程中; (b) 建成后

空间钢桁架结构的截面形式很多, 有抛物线形、拱形、半圆形、锥形等(图 1-13)。图 1-14 为墨西哥某赤铁矿存储库, 长 160m, 宽 65m, 采用抛物线形截面。图 1-15 为智利某细骨料存储处, 宽 53m, 采用拱形面。再如图 1-16 所示为美国某矿物原料存储库, 长 175m, 宽 53m, 采用半圆形截面形式。这些形式当然也可用于储煤结构。

充气膜结构是膜结构的一种, 利用薄膜内外的气压差来稳定膜面以承受外荷载。气承

式膜结构通过压力控制系统向建筑物室内充气,使室内外保持一定的压力差,膜体产生一定的预张力,从而保证体系的刚度。充气膜结构可以形成封闭的储煤结构,施工方便,结构安全性好,如美国爱荷华州威廉斯煤中转处(Williams Bulk Transfer)(图1-17)就是一个充气膜结构,它宽60m,长145m,高17m。该结构拥有年处理煤90万吨的能力。由于充气膜储煤结构工作环境一般比较恶劣,对膜材和气压调节设备的维护要求较高,目前在国内的储煤结构中还没有使用过。

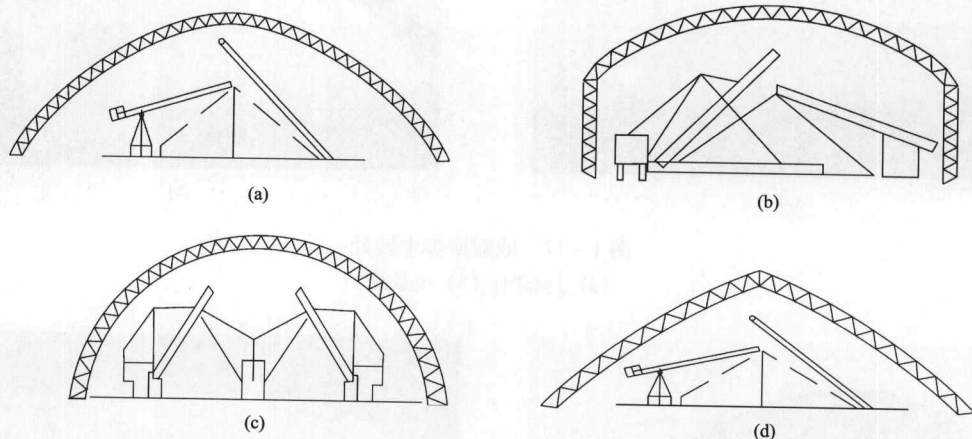


图1-13 空间钢桁架截面形式

(a) 抛物线形; (b) 拱形; (c) 半圆形; (d) 锥形

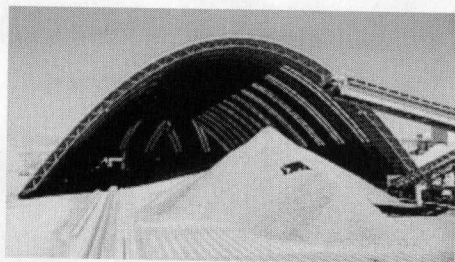


图1-14 墨西哥某赤铁矿存储库

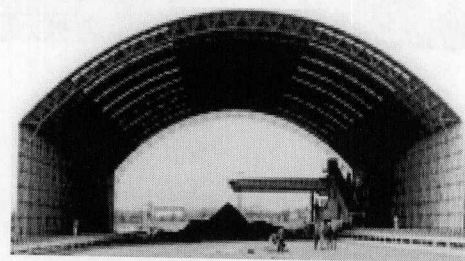
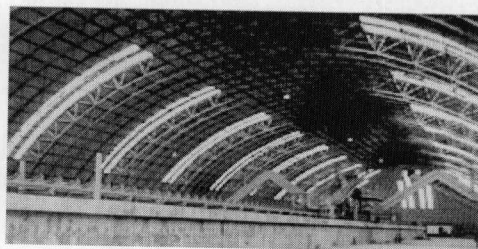


图1-15 智利某细骨料存储处



(a)



(b)

图1-16 美国某矿物原料存储库

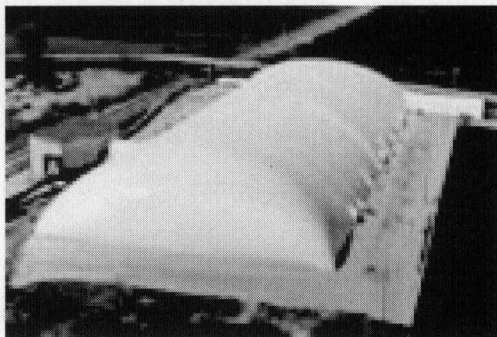
(a) 外景; (b) 内景

此外,国外还有一些其他形式的储煤结构,如拱桁架结构(图1-18)、环形储煤结构(图1-19)、三角屋架储煤结构(图1-20)等。总的来说,国外的储煤结构形式多样,

技术水平也较高,而且多数结构形式都有专业的公司负责全套的设计、施工和维护,已经形成了完善的体制。这些都是值得我们学习和借鉴的。



(a)



(b)

图 1-17 威廉斯煤中转处

(a) 局部图; (b) 全景图

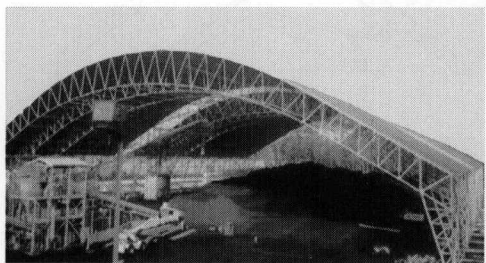
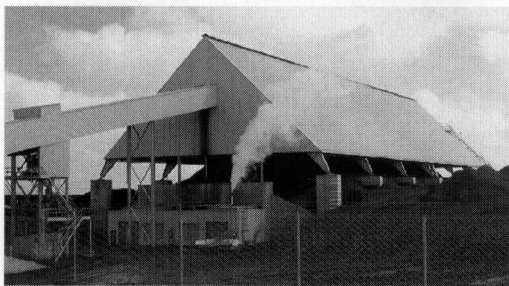


图 1-18 伊拉克某电站储煤结构



图 1-19 日本某电厂环形储煤结构



(a)



(b)

图 1-20 美国犹他州亨特储煤及混合煤厂煤棚

(a) 局部图; (b) 全景图

1.2 国内储煤结构的发展

改革开放以来,随着我国电力事业的发展,用于封闭或半封闭储煤的大型库房——煤罐、干煤棚等得到了广泛的研究和应用。

一般来说,干煤棚的长度和跨度是根据火力发电厂装机容量来确定的,随着电厂规模

的不断扩大,干煤棚的长度和跨度也不断增加。干煤棚结构的高度由堆煤高度以及斗轮机的作业要求决定。斗轮机是干煤棚中用于堆煤和挖煤的专业机械,它有一定臂长及仰角,运作时会形成一定的工艺界面。为保证其正常工作,无论何种情况下干煤棚的结构下弦均不能碰撞工艺界面,这就要求其有效使用空间的截面形状最好为梯形,作业空间的包络线接近弧形,而且特别应该满足一定的净空要求。因此干煤棚结构的一般特点为跨度大,高度大,覆盖面积大。

在干煤棚发展的二十几年中,国内使用过的结构形式包括拱架、门式刚架以及网架、网壳等。工程经验表明,这些结构形式在一般情况下均能适合火电厂干煤棚的跨度及高度要求,但是在受力性能、技术经济指标等方面却有一定的差异。

平面两铰拱和三铰拱是20世纪70、80年代煤棚的常用形式,一般由桁架、辅助桁架和支撑桁架组成,是一种平面受力体系。它可以形成较大的跨度,拱脚可以直接落地,无需纵向排架柱支撑,但仍要有很强的平面外支撑来保证拱的平面外稳定。这种结构形式的单根杆件内力较大,一般需采用较大的构件截面,因而整个结构的用钢量很大。

上海宝山钢铁总厂电厂干煤棚(图1-21),跨度达到75m,建于1979年,为当时国内最大跨度钢桁架式建筑。景德镇电厂干煤棚(图1-22),采用两铰拱钢桁架,建于1995年。再如马鞍山第二发电厂一期工程干煤棚,跨度75.08m,长82.5m,建于1995年。该结构由12榀拱桁架、11榀辅助桁架以及连接桁架和斜支撑组成(图1-23和图1-24)。每榀拱桁架和每段连接桁架均由上、下弦杆和腹杆组成,相邻的拱桁架、辅助桁架的上、下弦分别用斜支撑连接,形成一个整体。

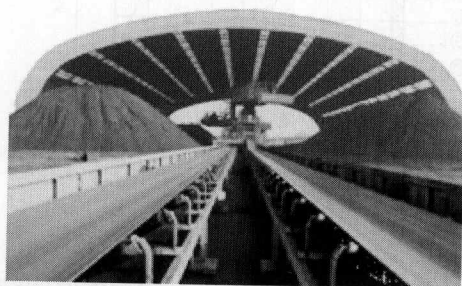


图1-21 上海宝山钢铁总厂电厂干煤棚

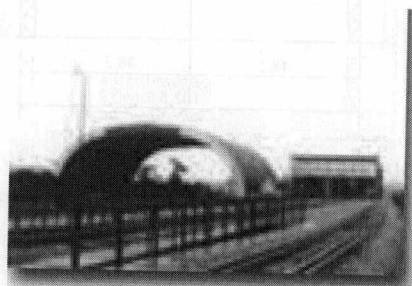


图1-22 景德镇电厂干煤棚

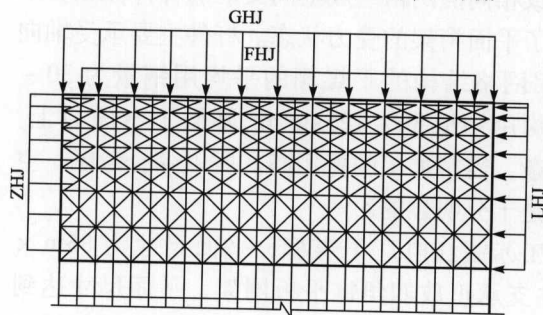


图1-23 干煤棚钢结构体平面图

GHJ—拱桁架 FHJ—辅助桁架

LHJ—连接桁架 ZHI—斜支撑

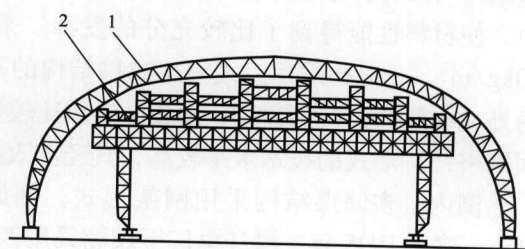


图1-24 干煤棚钢结构体剖面图

1 — 一榀拱桁架; 2 — 安装架